

30. 3. 2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 3 月 3 1 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 9 4 9 2 6
Application Number:

[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 9 4 9 2 6]

出 願 人 松 下 電 器 産 業 株 式 会 社
Applicant(s):

REC'D 21 MAY 2004

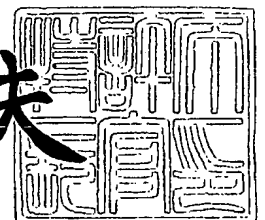
WIPO PCT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 4 月 3 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 2032750043

【提出日】 平成15年 3月31日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H03J 7/00

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

 【氏名】 尾本 幸宏

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

 【氏名】 白方 亨宗

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

 【氏名】 浦部 嘉夫

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

 【氏名】 原田 泰男

【特許出願人】

 【識別番号】 000005821

 【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100097445

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100103355

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 周波数同期装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入力信号をデジタル信号に変換する A/D 変換手段と、
前記デジタル信号を直交検波し、基底周波数帯域信号に変換する直交検波手段と、
前記基底周波数帯域信号の周波数補正を行う周波数同期手段と、
前記周波数同期手段により周波数補正された信号を復調する復調手段とを備え、
前記周波数同期手段は、
前記基底周波数帯域信号の周波数誤差を検出する周波数誤差検出手段と、
前記基底周波数帯域信号の絶対位相誤差を検出する絶対位相誤差検出手段と、
前記周波数誤差と前記絶対位相誤差とに基づき、前記基底周波数帯域信号を周波数補正する周波数補正手段とを備えることを特徴とする周波数同期装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、周波数同期装置および周波数同期方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、移動体通信などにおいて、多くの伝送方式が開発されている。正確な伝送を行うためには、受信装置において、周波数同期を取る必要がある。この周波数同期が取れないまま信号を復調した場合、受信装置では、送信データを正しく再生できなくなる。そのため、周波数同期を行う方法が必要不可欠となる。

【0003】

このような周波数同期の手法としては、データシンボルの前に同期シンボルを付加する場合や、異なる周波数にパイロット信号を挿入する場合などがある。しかし、多くの場合、使用できる周波数帯は限られており、異なる周波数にパイロットを入れるには、主信号あるいは隣接するチャンネルに影響を与えないかなどを

考慮する必要がある。また、既存の伝送方式に応用しようとした場合にも上記と同じ課題を解決する必要がある。これに対し、同期シンボルを付加する場合は、伝送フレームそのものの長さが増すものの、同じ周波数帯を用いればよいので、適用範囲は広いと言える。

【0004】

従来、このような同期シンボルを用いる周波数同期方法として、パイロットシンボルと呼ばれる同期シンボルを用いたパイロット同期検波がある。周期的に無線信号に埋め込まれたパイロットシンボルブロック間の周波数ずれを平均し、ずれた周波数だけ補正して無線信号を受信するフィードバック回路により行われるものである。この手法では、埋め込まれたパイロットシンボルブロック周期の間にずれる位相が ± 180 度以内であれば正しく補正可能であり、補正可能周波数範囲は狭いが高精度の補正が可能である。また、連続したパイロットシンボルを用いた周波数補正を行うと、シンボルとシンボルの間にずれる位相が ± 180 度以内であれば補正可能であり、精度は低いが補正可能周波数範囲を大きくすることが可能である。

【0005】

【特許文献1】

特開 2000-286752号公報

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上記従来の手法では、周波数誤差の同期はできるが、絶対位相の補正まではできない。周波数誤差を補正する複素正弦波を乗算する際、その開始時の位相によっては、絶対位相が本来あるべき点からずれた状態で周波数誤差が補正される、つまり、位相がロックされるため、信号のコンスタレーションがずれる（絶対位相誤差）。もし周波数同期器の後段にある復調器が、この絶対位相をなんらかの基準に用いて復調処理を行うものであれば、正しく復調できず、周波数同期器が余計な悪影響を及ぼしてしまうことになる。また、周波数同期を2段階（粗同期・精同期）で行う場合で、後段の精同期が絶対位相誤差をなくす働きを持つ同期器であれば、無理に絶対位相誤差をゼロに引き戻そうとするため、信号

に誤差分に相当する複素正弦波を乗算して回転させてしまう。したがって周波数誤差がない場合であっても、余計な周波数誤差を与えて性能を劣化させてしまう。

【0007】

それ故、本発明の目的は、どのような変調方式にも簡単に応用でき、伝送路特性が時々刻々と変化するような場合でも、周波数誤差と絶対位相誤差を同時に補正することができる、周波数同期器および周波数同期方法を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本願発明は、入力信号をデジタル信号に変換するA/D変換手段と、前記デジタル信号を直交検波し、基底周波数帯域信号に変換する直交検波手段と、前記基底周波数帯域信号の周波数補正を行う周波数同期手段と、前記周波数同期手段により周波数補正された信号を復調する復調手段とを備え、前記周波数同期手段は、前記基底周波数帯域信号の周波数誤差を検出する周波数誤差検出手段と、前記基底周波数帯域信号の絶対位相誤差を検出する絶対位相誤差検出手段と、前記周波数誤差と前記絶対位相誤差とに基づき、前記基底周波数帯域信号を周波数補正する周波数補正手段とを備える。

【0009】

【発明の実施の形態】

(実施の形態1)

図1を参照して、本発明の第一の実施形態に係る周波数同期装置および周波数同期方法を説明する。

【0010】

図1は、本発明の第一の実施形態に係る周波数同期装置の構成を示すブロック図である。図1において、本発明の第一の実施形態に係る周波数同期装置は、A/D変換器101と、直交検波器102と、第一の周波数同期器103と、復調器113を備える。また、第一の周波数同期器103は、相関量推定器104と、タイミング検出器105と、第一の周波数誤差検出器106と、絶対位相誤差

検出器 107 と、第一の周波数補正器 108 とを有する。

【0011】

まず、周波数同期装置の各構成が行う動作の概要を説明する。

【0012】

送信装置（図示せず）から送信されてくる信号は、チューナ（図示せず）において受信され、チューナで適宜選択される中間周波数帯域の信号に変換される。この送信されてくる信号は、図 2 に示すように、予め定めた複数の伝送シンボルで 1 フレームが構成され、各伝送フレームの先頭に同期の基準とするシンボル（以下、同期シンボルという）が付加された信号である。ここで、同期シンボルには、強い自己相関性を持つチャープ信号などを用いることができる。さらに、同期シンボルに、シンボル期間内で同一波形が 2 回以上周期的に繰り返されるような信号を用いてもよい。なお、同期シンボルは、各伝送フレームの先頭に入れればよい。また、所定の間隔で挿入するとことで 1 つの伝送フレーム中に複数の同期シンボルを含んでもよい。このように同期シンボルを複数含ませるようにすれば、同期シンボルを検出する度に同期を掛け直すことができ、復調の精度をさらに向上させることができる。

【0013】

中間周波数帯域に変換された信号は、A/D 変換器 101 に入力される。A/D 変換器 101 は、入力される信号を、時系列のデジタル信号に変換する。直交検波器 102 は、A/D 変換器 101 から出力されるデジタル信号を入力し、デジタル信号を直交検波することで基底周波数帯域の信号に変換する。この基底周波数帯域の信号は、第一の周波数同期器 103 へ入力される。第一の周波数同期器 103 は、直交検波器 102 から出力される基底周波数帯域の信号を入力し、周波数誤差および絶対位相誤差を検出し、その検出結果に基づいて、第一の周波数誤差、絶対位相誤差を補正する。この第一の周波数誤差および絶対位相誤差は、相関量推定器 104 から出力される相関ベクトルと、タイミング検出器 105 から出力される同期波形タイミングおよび同期シンボル終了タイミングを用いて、第一の周波数誤差検出器 106 および絶対位相誤差検出器 107 で求める。そして第一の周波数補正器 108 によって、第一の周波数誤差および絶対位相誤差

が補正される。この第一の周波数同期器 103 により補正された信号は、復調器 113 へ入力される。復調器 113 は、第二の周波数同期器 109 から出力される信号を復調し、送信データを再生する。

【0014】

次に、第一の周波数同期器 103 の詳細を述べる。

【0015】

図 3 は、相関値推定器 104 の詳細な構成を示すブロック図である。図 3 において、相関値推定器 104 は、相関器 301 と、同期シンボル発生器 302 とを有する。図 4 は、タイミング検出器 105 の詳細な構成を示すブロック図である。図 4 において、タイミング検出器 105 は、パワー演算器 304 と、閾値推定器 305 と、絶対値演算器 306 と、ピーク検出器 307 と、タイミング保護器 308 とを有する。図 5 は、第一の周波数誤差検出器 106 の詳細な構成を示すブロック図である。図 5 において、第一の周波数誤差検出器 106 は、乗算器 309 と、遅延器 310 と、平均化器 311 と、周波数誤差演算器 312 と、ホールド器 313 とを有する。図 6 は、絶対位相誤差検出器 107 の詳細な構成を示すブロック図である。図 6 において、絶対位相誤差検出器 107 は、相関ベクトル位相変換器 314 と、絶対位相推定器 315 と、絶対位相誤差演算器 316 と、ホールド器 317 とを有する。図 7 は、第一の周波数補正器 108 の詳細な構成を示すブロック図である。図 7 において、第一の周波数補正器 108 は、乗算器 318 と、補正值演算器 319 とを有する。

【0016】

第一の周波数同期器 103 の各構成が行う動作の概要を説明する。

【0017】

第一の周波数同期器 103 では、直交検波器 102 から出力される基底周波数帯域の信号が、第一の周波数補正器 108、相関量推定器 104、およびタイミング検出器 105 に入力される。相関量推定器 104 は、直交検波器 102 から出力される基底周波数帯域の信号を入力し、この入力信号と同期波形との相関量を推定する。この相関量は、タイミング検出器 105、第一の周波数誤差検出器 106、および絶対位相誤差検出器 107 へ入力される。タイミング検出器 10

5 は、相関量推定器 104 から出力される相関量ベクトル、および直交検波器 102 から出力される基底周波数帯域の信号を入力し、同期波形タイミング、および同期シンボル終了タイミングを検出する。この検出は、相関ベクトルの大きさを判断することによって実現できる。これらの同期波形タイミングおよび同期シンボル終了タイミングは、第一の周波数誤差検出器 106 および絶対位相誤差検出器 107 へ入力される。第一の周波数誤差検出器 106 は、相関量推定器から出力される相関量およびタイミング検出器 105 から出力される同期波形タイミングおよび同期シンボル終了タイミングを入力し、同期波形タイミングにおける、同期波形と入力信号の位相差ベクトルを平均化する。そして、この第一の周波数誤差検出器 106 は、同期シンボル終了タイミングにおいて、平均化された位相差ベクトルを判断することで、周波数ずれ（周波数誤差）を推定する。この周波数ずれ（周波数誤差）は、第一の周波数補正器 108 へ入力される。絶対位相誤差検出器 107 は、相関量推定器 104 から出力される相関量、タイミング検出器 105 から出力される同期波形タイミング、および同期シンボル終了タイミングを入力し、各同期波形の終了タイミングでの、同期波形と入力信号の位相差ベクトルを基に、絶対位相の変動量を推定する。そして、この絶対位相誤差検出器 107 は、この絶対位相の変動量を用いて、同期シンボル終了タイミングにおける絶対位相誤差を推定する。この絶対位相誤差は、第一の周波数補正器 108 へ入力される。第一の周波数補正器 108 は、第一の周波数誤差検出器 106 から出力される周波数ずれ（周波数誤差）と、絶対位相誤差検出器 107 から出力される絶対位相誤差を入力し、周波数補正值を算出する。そして、この周波数補正值に基づいて、直交検波器 102 において変換された基底周波数帯域の信号の周波数補正を行う。この周波数補正は、基底周波数帯域の信号に周波数誤差に応じた複素正弦波を乗算することで行うことができる。

【0018】

次に、相関値推定器 104 の詳細な動作を説明する。

【0019】

直交検波器 102 において変換された基底周波数帯域の信号は、相関器 301 に入力される。同期シンボル発生器 302 は、送信装置側において伝送フレーム

に挿入された同期シンボルの信号波形と同一パターンの同期シンボル信号を発生する。この同期シンボル発生器 302 は、例えば、メモリ回路で実現できる。すなわち、メモリ回路に、送信装置側において伝送フレームに挿入された同期シンボルの信号波形と同一パターンの信号を予め保持しておき、同期シンボル信号の発生は、保持している信号を読み出すことで実現できる。相関器 301 は、直交検波器 102 から出力される基底周波数帯域の信号と、同期シンボル発生器 302 が発生させる同期シンボル信号とを入力し、基底周波数帯域の信号と同期シンボル信号とを積和演算することで、相関ベクトルを求める。

【0020】

次に、タイミング検出器 105 の詳細な動作を説明する。

【0021】

タイミング検出器 105 は、入力される相関量に基づいて、同期波形の開始（または終了）タイミング、および同期シンボルの開始（または終了）タイミングを判定する。この判定は、入力される相関量が最大値となるタイミングを検出することで行うことができる。また、最大値を検出する代わりに、閾値を設定し、相関量の大きさが閾値を超えたタイミングを検出することで行うこともできる。この閾値設定には、入力信号の平均パワーを基準とした閾値設定をすることで入力信号の変動に柔軟性を持たせることができる。タイミング検出器で検出された同期シンボルの開始（または終了）タイミングは、第一の周波数誤差検出器 106、絶対位相誤差検出器 107 へ出力される。直交検波器 102 において変換された基底周波数帯域の信号はパワー演算器 304 に入力される。パワー演算器 304 は、基底周波数帯域の信号を入力し、その信号の大きさ（パワー）を求める。この際、ある一定の長さでパワーを平均化することもできる。このようにすることで、入力信号の変動が大きい場合でも、閾値を自動的に設定できるため、伝送路の環境に対して柔軟性を持たせることもできる。閾値演算器 305 は、パワー演算器 304 から出力されるパワーを入力し、ピーク検出に参照する閾値を、基底周波数帯域の信号から推定する。この閾値は、ピーク検出器 307 へ出力される。絶対値演算器 306 は、相関量推定器 104 から出力される相関量ベクトルを入力し、その相関ベクトルの大きさ（相関量）を演算する。この相関量は、

● 関連ベクトルが (i、q) で表されるとすると、例えば i の 2 乗値と q の 2 乗値との和でもよいし、近似値として関連ベクトルの絶対値でもよいし、i の絶対値と q の絶対値との和でもよい。この相關量絶対値は、ピーク検出器 307 へ出力される。ピーク検出器 307 は、絶対値演算器 306 から出力される相關量絶対値、および閾値推定器 305 から出力される閾値を入力し、それらを比較することで相關量のピークを判断する。この判断は、相關量絶対値が閾値を超えていればピークであるとみなすことで実現できる。また、ここで判断されたピークは、同期波形の開始（または終了）タイミングであり、タイミング保護器 308、第一の周波数誤差検出器 106、絶対位相誤差検出器 107 に出力される。タイミング保護器 308 は、ピーク検出器 307 から出力されるピーク検出結果を判断することにより、同期シンボルの終了タイミングを判断する。この判断は、一定期間（保護期間という）の間、ピークが検出されなければ、同期シンボルの終了タイミングとみなすことで実現できる。この保護期間は、たとえば同期波形の周期分のサンプル数とすればよい。以上のように設定することで、最後のピークが検出されたタイミングから一周分過ぎても、ピークが検出されなければ、同期シンボルは終了したと判断できる。この同期シンボル終了タイミングは、第一の周波数誤差検出器 106、絶対位相誤差検出器 107 へ出力される。

【0022】

次に、第一の周波数誤差検出器 106 の詳細な動作を説明する。

【0023】

直交検波器 102 において変換された基底周波数帯域の信号は、遅延器 310 および乗算器 309 にそれぞれ入力される。遅延器 310 は、入力される基底周波数帯域の信号を所定のサンプル数だけ遅延させて出力する。このサンプル数は、同期シンボルの特徴に従って定められる。例えば、同期シンボル内で繰り返される同期波形の 1 周期分のサンプル数とすることができる。乗算器 309 は、直交検波器 102 から出力される基底周波数帯域の信号と、遅延器 310 で遅延された基底周波数帯域の信号の複素共役とを乗算し、これらの信号間の位相差ベクトル（位相回転量）を求める。乗算器 309 は遅延されない信号と、有効シンボルのサンプル数分が遅延された信号とを乗算することで、同じ波形間の位相差ベ

クトルが演算できることになる。これは、伝送路に周波数ずれが存在する場合、伝送シンボル内における同期波形の前半部分の信号と後半部分の信号とで位相差が生じることを利用したものである。従って、乗算器 309 において演算された位相差ベクトルを判断することで、周波数ずれ（周波数誤差）を推定することができる。また、同期シンボルが、シンボル期間内で同一波形が 2 回以上周期的に繰り返されるような信号である場合には、遅延器 310 での所定のサンプル数を当該信号の 1 周期のサンプル数とすることができる。例えば、同期シンボルが、シンボル期間内で同一波形が 2 周期現れるような信号である場合、1 周期が N サンプルであるとする、遅延器 310 で信号を遅延させるサンプル数を N とすればよい。これにより、乗算器 309 では、同じ波形間の位相差ベクトルを求めることができる。平均化器 311 は、乗算器 309 で求められた位相差ベクトルを順次入力し、それらの位相差ベクトルを平均化する。このとき、平均化器 311 は、遅延器 310 で設定されたサンプル数の区間における位相差ベクトルの移動平均を求めればよい。これにより、平均化器 311 において、所定サンプル間の平均位相差ベクトル（平均位相回転量）が求められる。あるいは、タイミング検出器 105 から、同期波形タイミングが入力された時刻の相関ベクトルのみを用いることもできる。同期波形タイミング時の相関量は、他と比べ大きいため、これを用いることにより、高い精度で平均位相差ベクトル（平均位相回転量）が求められる。なお、送信装置側において、同期シンボル内に繰り返し現れる信号波形の周期を長くしておけば、復調装置において、平均位相差ベクトルを高精度で求めることができる。周波数誤差演算器 312 は、平均化器 311 で求められた平均位相差ベクトルを入力し、平均位相差ベクトルのアークタンジェント (\tan^{-1}) を演算することで、周波数誤差信号を求める。周波数誤差演算器 312 で求められた周波数誤差信号は、ホールド器 313 へ出力される。ホールド器 313 は、タイミング検出器 105 から出力される同期シンボル終了タイミングで、入力される周波数誤差信号をホールドし、ホールドしている周波数誤差信号を第一の周波数補正器 108 へ出力する。このホールド処理により、同期シンボルから求められた周波数誤差信号を、その同期シンボル以降のデータシンボルの周波数補正に用いることができる。

【0024】

次に、絶対位相誤差検出器107の詳細な動作を説明する。

【0025】

相関量推定器104から出力される相関量ベクトルは、伝送路をって入力されてきた同期波形と、リファレンスであるもとの同期波形との位相差、つまり絶対位相を表しており、これを判断することによって、絶対位相誤差を検出することができる。直交検波器102において変換された基底周波数帯域の信号は、相関ベクトル位相変換器314に入力される。相関ベクトル位相変換器314は、相関量推定器104から出力される相関量ベクトルを入力し、その相関量ベクトルに対応する位相（相関量位相）を演算する。この相関量位相は、絶対位相推定器315へ出力される。絶対位相推定器315は、タイミング検出器105から出力される同期波形タイミングと、相関ベクトル位相変換器314から出力される絶対位相（相関量位相）を入力し、各同期波形タイミングでの絶対位相を保持する。そして、この絶対位相推定器315は、これまで保持されたタイミングの時間と絶対位相から、同期波形のタイミング毎の位相変動量の関係を求める。これは、例えば、保持したタイミングの時間と絶対位相を用いて最小二乗法により直線近似し、その直線の傾きと切片を求めることにより実現できる。この傾きと切片が分かれば、任意の時間の絶対位相を推定することができる。絶対位相誤差演算器107は、絶対位相推定器315から出力される絶対位相回転量と、タイミング検出器105から出力される同期シンボル終了タイミングを入力し、同期シンボル終了タイミング時の絶対位相（同期シンボル終了時絶対位相）を求めるホールド器317は、タイミング判定器109から出力される同期シンボルの終了タイミングで、入力される絶対位相をホールドし、ホールドしている絶対位相を第一の周波数補正器108へ出力する。このホールド処理により、同期シンボルから求められた絶対位相を、その同期シンボル以降のデータシンボルの周波数補正に用いることができる。

【0026】

次に第一の周波数補正器108の詳細な動作を説明する。

【0027】

第一の周波数補正器 108 は、第一の周波数誤差検出器内 106 のホールド器 313 でホールドされた周波数誤差信号、および絶対位相誤差検出器内 107 のホールド器 317 でホールドされた同期シンボル終了時の絶対位相に基づいて、直交検波器 102 において変換された基底周波数帯域の信号の周波数補正を行う。この周波数補正は、基底周波数帯域の信号に周波数誤差に応じた複素正弦波を乗算させることで行うことができる。

【0028】

以上のように、本発明の第一の実施形態に係る周波数同期装置および周波数同期によれば、周波数誤差および絶対位相誤差を同時に補正することが可能となる。

【0029】

(実施の形態 2)

図 8 を参照して、本発明の第二の実施形態に係る周波数同期装置および周波数同期方法を説明する。

【0030】

図 8 は、本発明の第二の実施形態に係る周波数同期装置の構成を示すブロック図である。図 8 において、本発明の第二の実施形態に係る周波数同期装置は、A/D 変換器 101 と、直交検波器 102 と、第一の周波数同期器 103 と、復調器 113 を備える。また、第一の周波数同期器 103 は、相関量推定器 104 と、タイミング検出器 105 と、第一の周波数誤差検出器 106 と、絶対位相誤差検出器 107 と、第一の周波数補正器 108 と、周波数誤差補正值更新器 401 と、絶対位相誤差補正值更新器 402 とを有する。

【0031】

図 8 に示すように、本発明の第二の実施形態に係る周波数同期装置は、上記第一の実施形態に係る周波数同期装置に、周波数誤差補正值更新器 401 および絶対位相誤差補正值更新器 402 をさらに加えた構成である。

【0032】

この周波数誤差補正值更新器 401 および絶対位相誤差補正值更新器 402 は、伝送フレームに定期的に挿入された同期シンボルによって算出される周波数誤

差補正值および絶対位相誤差補正值を、伝送路特性の変化の大きさによって更新するかどうか判断するものである。第一の実施形態では、周波数誤差および絶対位相誤差は、同期シンボルの度に検出された値を用いて逐次更新される。それに対し、第二の実施形態の構成を用いることにより、同期シンボルの度に検出された周波数誤差および絶対位相誤差を、直前の同期シンボルによって検出された周波数誤差および絶対位相誤差と比較し、大きく変化した場合は伝送路特性が大きく変化したとみなし更新し、そうでなければ更新しないとすることにより、更新回数を最小限にすることができる。

【0033】

なお、第二の実施形態に係る周波数同期装置の他の構成は、上記第一の実施形態に係る周波数同期装置の構成と同様であるので、当該他の構成については、同一の参照番号を付してその説明を省略する。

【0034】

伝送フレーム内に、同期シンボルが定期的に存在すると、同期シンボルが入力される度に、第一の周波数同期器103は、相関量推定器104から出力される相関量の大きさが大きくなるため、タイミング検出器105で同期波形が検出され、同期波形タイミング、および同期終了波形タイミングが出力される。この同期波形終了タイミングの度に、第一の周波数誤差検出器106から周波数誤差が検出され、絶対位相誤差検出器107から絶対位相誤差が検出される。これらの周波数誤差および絶対位相誤差は、それぞれ、周波数誤差補正值更新器401、絶対位相誤差補正值更新器402に出力される。周波数誤差補正值更新器401または絶対位相誤差補正值更新器402では、直前の周波数誤差または絶対位相誤差との差分が大きければ、伝送路特性の変化が大きいと判断し、その周波数誤差、または絶対位相誤差を補正值として更新し、直前の周波数誤差、または絶対位相誤差との差分が小さければ、伝送路特性の変化が小さいと判断し、補正值は更新しない。

【0035】

以上のように、本発明の第二の実施形態に係る周波数同期装置および周波数同期方法によれば、補正值の更新回数を必要最小限にすることができる。

【0036】

(実施の形態3)

図9を参照して、本発明の第三の実施形態に係る周波数同期装置および周波数同期方法を説明する。

【0037】

図9は、本発明の第三の実施形態に係る周波数同期装置の構成を示すブロック図である。図9において、本発明の第三の実施形態に係る周波数同期装置は、A/D変換器101と、直交検波器102と、第一の周波数同期器103と、第二の周波数同期器109、復調器113を備える。また、第一の周波数同期器103は、相関量推定器104と、タイミング検出器105と、第一の周波数誤差検出器106と、絶対位相誤差検出器107と、第一の周波数補正器108と、周波数誤差補正值更新器401と、絶対位相誤差補正值更新器402とを有する。第二の周波数同期器109は、位相誤差検出器110と、第二の周波数補正器111と第二の周波数誤差検出器112とを有する。

【0038】

図9に示すように、本発明の第三の実施形態に係る周波数同期装置は、上記第一の実施形態に係る周波数同期装置に、第二の周波数同期器109をさらに加えた構成である。

【0039】

この第二の周波数同期器109は、第一の周波数同期器103により補正された信号から、サンプル間の位相誤差情報を算出し、それを基に第二の周波数誤差を求め、第二の周波数同期を行うものである。第一の周波数同期器103が伝送フレームで一度だけ補正值を更新するのに対し、第二周波数同期器109ではサンプル毎もしくは、数サンプル毎に周波数補正值を更新するため、同一伝送フレーム内での伝送路特性の変化に適應し、高信頼な通信を実現できる。

【0040】

なお、第三の実施形態に係る周波数同期装置の他の構成は、上記第二の実施形態に係る周波数同期装置の構成と同様であるので、当該他の構成については、同一の参照番号を付してその説明を省略する。

【0041】

第一の周波数同期器103により補正された信号は、第二の周波数同期器の位相誤差検出器110へ入力される。位相誤差検出器110は、サンプル毎もしくは数サンプル毎に位相誤差信号を検出する。この位相誤差信号は第二の周波数誤差検出器112に出力される。第二の周波数誤差検出器112は、位相誤差検出器110から出力される位相誤差信号を入力し、その位相誤差信号を周波数誤差に変換する（第二の周波数誤差）。この第二の周波数誤差は、第二の周波数補正器111に入力される。第二の周波数補正器111は、第二の周波数誤差検出器112から出力される第二の周波数誤差を入力し、周波数補正値を算出する。そして、この周波数補正値に基づいて、第一の周波数同期器103より補正された信号の周波数補正を行う。この周波数補正は、基底周波数帯域の信号に周波数誤差に応じた複素正弦波を乗算することで行うことができる。この補正された信号は、復調器113へ入力される。

【0042】

ここでは、上記第一～第三の実施形態に係る周波数同期装置および周波数同期方法に用いる同期シンボルの生成方法について詳述する。

【0043】

同期シンボルを構成する同期波形は、自己相関特性が強く、また、そのスペクトルが所望の周波数帯域内に収まっていることが求められる。これは、同期波形に自己相関特性の強い信号を用いることで、同期波形の検出精度の向上が期待できるからである。また、スペクトルが使用する周波数帯域内に収まっていないと、隣接するチャンネルに影響を与えてしまうため、そのスペクトルが所望の周波数帯域内に収まっていることが求められる。以下では、これらの条件を満たす同期波形、および同期シンボルの生成方法を述べる。

【0044】

同期シンボルに用いる同期波形（繰り返し信号）に適した信号としては、たとえばPN符号が挙げられる。PN符号は、自己相関特性が強いことで知られており、その一種にバーカー符号が挙げられる。バーカー符号はPN符号の一種であり、そのタップ数が有限のものである。バーカー符号は、タップの長さによって

数種類あるが、どの符号を用いることも可能である。同期波形に長いバーカー符号を用いると、周波数誤差の検出精度を上げることができるが、同期シンボルの長さが長くなってしまいうため伝送効率が下がることを考慮する必要がある。

【0045】

さらに、同期波形にPN符号をそのまま用いると、そのスペクトルは信号帯域全体の周波数に広がってしまう。主信号のスペクトルからはみ出すような信号を同期シンボルとして用いると、隣接する主信号にスペクトルが重なりといった妨害を与えてしまう。したがって、同期波形として用いる信号の通過周波数帯域の幅を狭め、所望の周波数特性を持った信号を用いなければならない。

【0046】

そこで本発明では、PN系列の1つのチップを複数回繰り返して、新たな系列を作ることを考える。このように、1つのチップを数回に連続に渡り繰り返すことによって、元のPN系列は、時間軸上に引き伸ばされた信号となる。

【0047】

図10は上記、PN系列における1チップの繰り返しによる同期シンボルの構成図を表している。図10では、1フレームが同期シンボルと複数のデータシンボルから構成され、同期シンボルは複数の同期波形から構成されることを示すとともに、同期波形が(a)または(b)によって構成されることを示している。同図(a)はチップ数mのPN系列を同期波形に用いた場合を表しており、同図(b)は上記(a)の1チップをN個繰り返した場合を表している。

【0048】

また、図11は、図10(a)および図9(b)を同期波形として用いた場合の、自己相関特性を示している。図11(a)、(b)ともに信号がちょうど重なる点において自己相関値のピークが現れており、自己相関特性が高いことがわかる。ただし、図10(b)では、1チップを数回繰り返しているため、ピークの山が数サンプルに渡り現れることがわかる。しかし、この場合でも最大値は一点である。ここで、時間軸で時間が長くなることは、周波数軸で周波数帯域が狭くなることを意味する。したがって、1チップを複数回繰り返し構成される信号は、繰り返し数を多くすればするほど、スペクトルの幅を小さくすることが可能

となる。以上のように、PN系列の1つのチップを複数回繰り返すことによって、スペクトルの幅を小さく設定できる。

【0049】

図12 (a) ~ (c) は、1チップを繰り返すことによりスペクトルがどのように変化するかの概略図である。同図 (a) は、PN符号をそのまま同期波形として用いた場合のスペクトルの範囲を示している。これからわかるように、使用可能な周波数帯域全体に渡りスペクトルが広がっているかがわかる。また、同図 (b) は、PN符号の1チップを繰り返した場合の信号を同期波形として用いた場合のスペクトルの範囲を示している。同図 (a) よりもスペクトルの範囲が小さくなっている。そして、同図 (c) に、その具体的なスペクトルの例を図示した。この図から、スペクトルのメインローブが所望する周波数帯域内にあることがわかる。このように、1チップの繰り返し数を大きくするほど、このメインローブの周波数範囲は小さくなる。

【0050】

また、上記のように、PN系列の1つのチップを、複数回繰り返した波形は、使用周波数帯域は狭くできるが、そのサイドローブは他のノイズ等に比べ大きいまま残ってしまう (図12 (c))。これによる影響としては、他チャネルの波形の割り込みが増すため全体の精度が悪化したり、残留周波数誤差が大きくなることが考えられる。残留周波数誤差とは、ノイズを加えない場合に生じる周波数推定誤差である。

【0051】

そこで、本発明では、ローパスフィルタ (LPF) を設計し、所望の周波数帯以外の信号レベルを小さくすることで、周波数特性をさらに改善することを考える。ここで扱うLPFは、コサインロールオフ法などの一般的な設計手法を用いればよい。以上のように、同期波形にLPFを通した信号を、同期波形とすることで、所望の周波数特性を持つ同期波形を作ることができる。

【0052】

図12 (d) および (e) に、以上の処理により同期波形のスペクトルがどのように変化するかを示した。図12 (d) は、遮断周波数が F_c のLPFの周波

数特性を示している。同図 12 (c) で表されている、PN 符号の 1 チップを複数回繰り返すことによって得られる信号のスペクトルは、この LPF を通すことによって、同図 (e) のようになる。このように遮断周波数 F_c より広域部分をカットすることで、隣接するチャンネルに影響を与えることのない同期波形とすることができる。

【0053】

上記、LPF を通すと、フィルタの遅延で、波形の前後に揺らぎが残る。そのため、LPF を通した同期波形を繰り返す際、1 つの同期波形には、その前後の同期波形の揺らぎが重なった波形となる (図 13 (a))。これにより、周波数誤差検出精度の劣化が考えられる。そこで、同期波形を繰り返す際、各同期波形の前後にゼロを付与し、繰り返すことで上記の影響を軽減できる可能性がある。これを図示したものが図 13 (b) および (c) である。図 12 (b) のように、ちょうど隣り合う同期波形が重ならないようにしてもよいし、同図 (c) のように、完全に離して繰り返してもよい。

【0054】

さらに、相関器 301 の、同期シンボル発生器 302 では、待ち受けている同期波形と同じ波形を発生させるが、整数で丸めた値を用いることもできる。これは、本発明の周波数同期器および周波数同期方法では、相関値の値に注目するのではなく、その大きさ (ピーク) を注目しているため、このように近似しても、周波数推定制度には影響を及ぼさないからである。以上のように近似することで、実際の回路規模が小さくできる可能性がある。

【0055】

以上のように、同期波形を作成し、その同期波形を繰り返すことによって得られる同期シンボルを、本発明の第一～第三の実施形態に用いることにより、隣接チャンネルに妨害を与えることなく、周波数同期を行うことが可能となる。

【0056】

【発明の効果】

以上説明したように本願発明は、周波数誤差および絶対位相誤差を同時に補正することが可能となる。

【0057】

また、補正値の更新回数を必要最小限にすることができる。

【0058】

また、隣接チャネルに妨害を与えることなく、周波数同期を行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第一の実施形態で使用される周波数同期装置を説明する図

【図2】

伝送フレームの構成を説明する図

【図3】

相関量推定器を説明する図

【図4】

タイミング検出器を説明する図

【図5】

第一の周波数誤差検出器を説明する図

【図6】

絶対位相誤差検出器を説明する図

【図7】

第一の周波数補正器を説明する図

【図8】

本発明の第二の実施形態で使用される周波数同期装置を説明する図

【図9】

本発明の第三の実施形態で使用される周波数同期装置を説明する図

【図10】

同期波形の構成を説明する図

【図11】

同期波形の自己相関特性を説明する図

【図12】

同期波形のスペクトルを説明する図

【図 1 3】

同期シンボルの構成を説明する図

【符号の説明】

- 1 0 1 A／D変換器
- 1 0 2 直交検波器
- 1 0 3 第一の周波数同期器
- 1 0 4 相関量推定器
- 1 0 5 タイミング検出器
- 1 0 6 第一の周波数誤差検出器
- 1 0 7 絶対位相誤差検出器
- 1 0 8 第一の周波数補正器
- 1 1 3 復調器
- 3 0 1 相関器
- 3 0 2 同期シンボル発生器
- 3 0 4 パワー演算器
- 3 0 5 閾値推定器
- 3 0 6 絶対値演算器
- 3 0 7 ピーク検出器
- 3 0 8 タイミング保護器
- 3 0 9 乗算器
- 3 1 0 遅延器
- 3 1 1 平均化器
- 3 1 2 周波数誤差演算器
- 3 1 3 ホールド器
- 3 1 4 相関ベクトル位相変換器
- 3 1 5 絶対位相推定器
- 3 1 6 絶対位相誤差演算器
- 3 1 7 ホールド器

3 1 8 乗算器

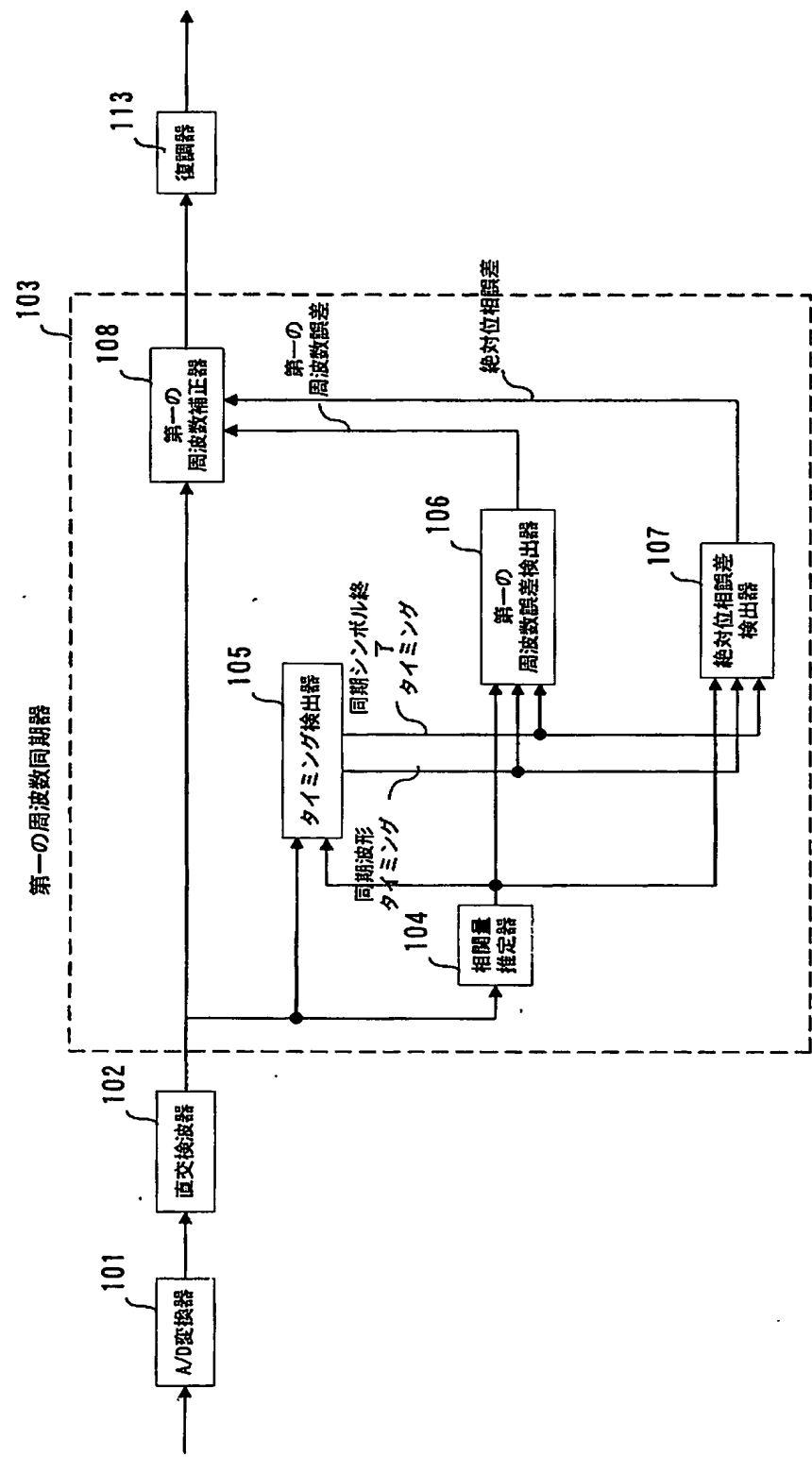
3 1 9 補正值演算器

4 0 1 周波数誤差補正值更新器

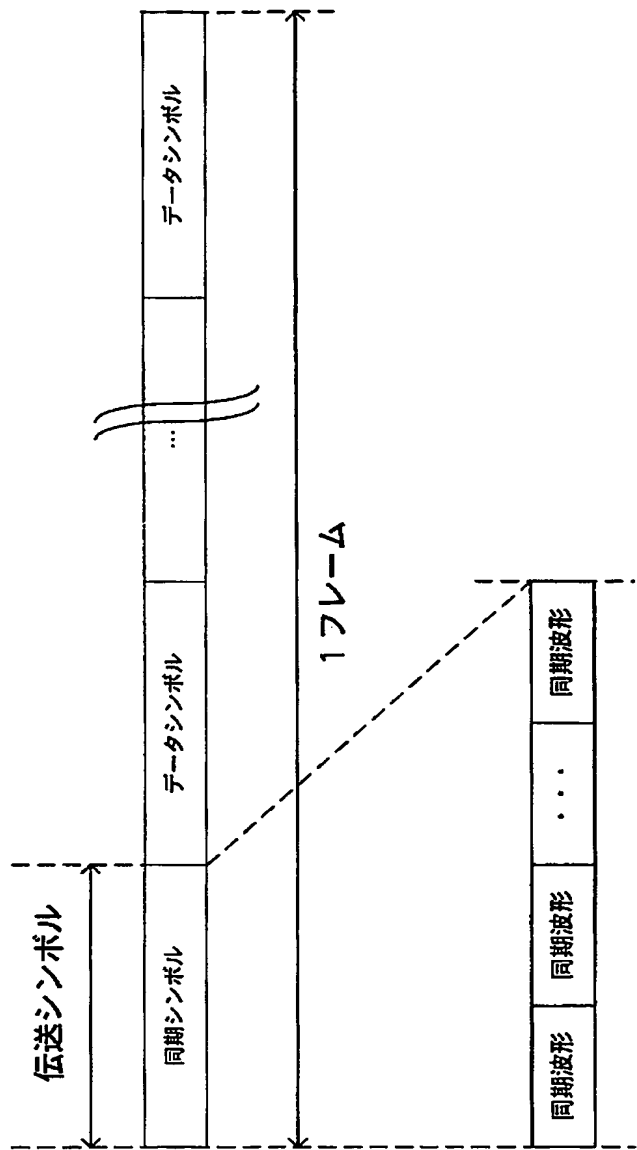
4 0 2 絶対位相誤差補正值更新器

【書類名】 図面

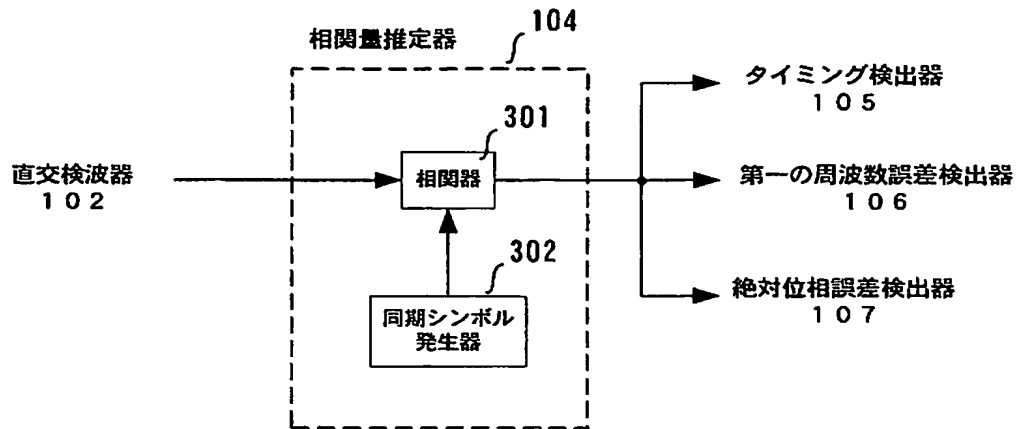
【図 1】



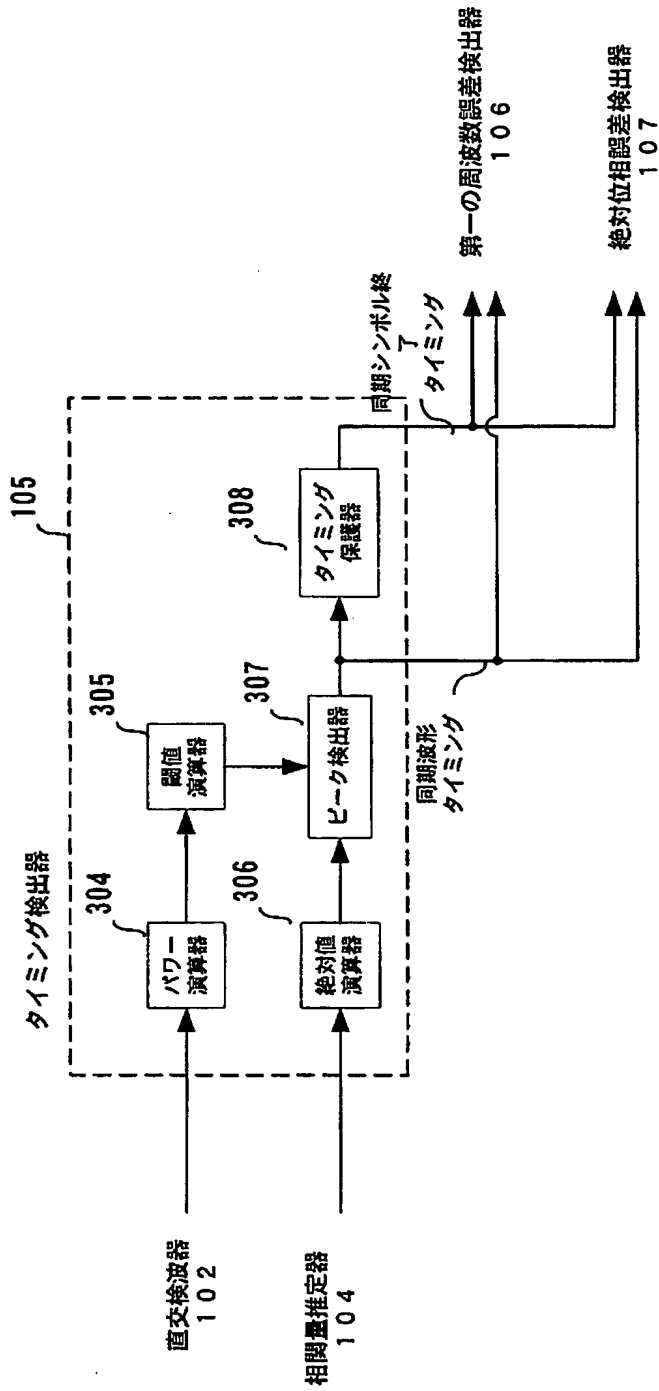
【図 2】



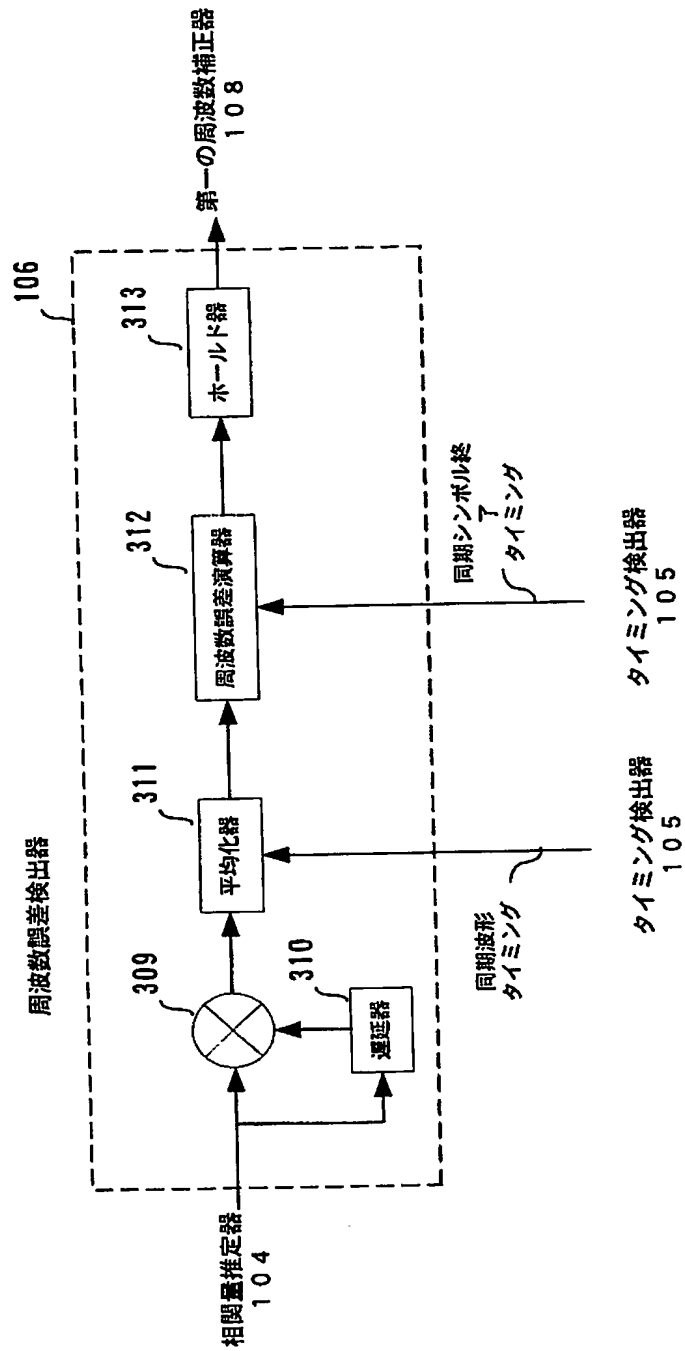
【図 3】



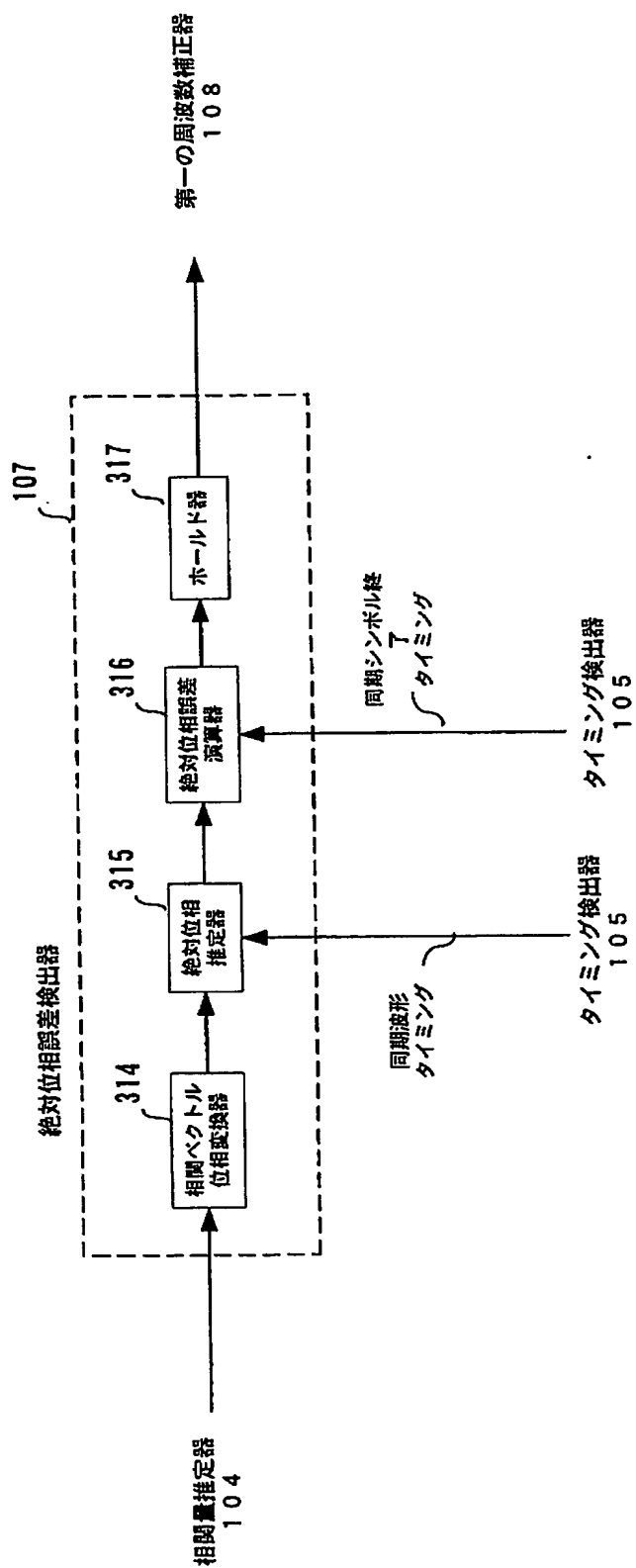
【図 4】



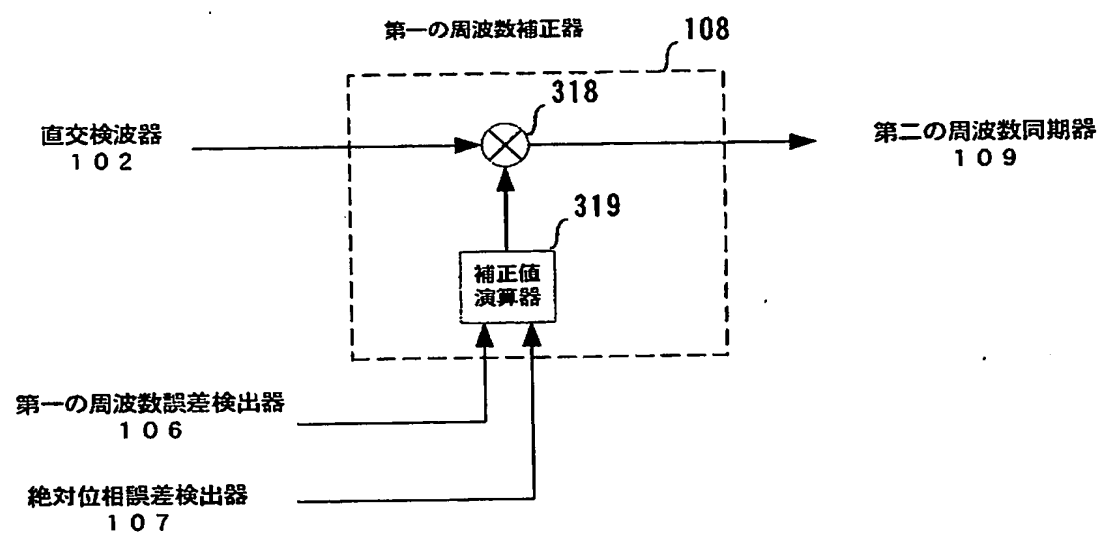
【図 5】



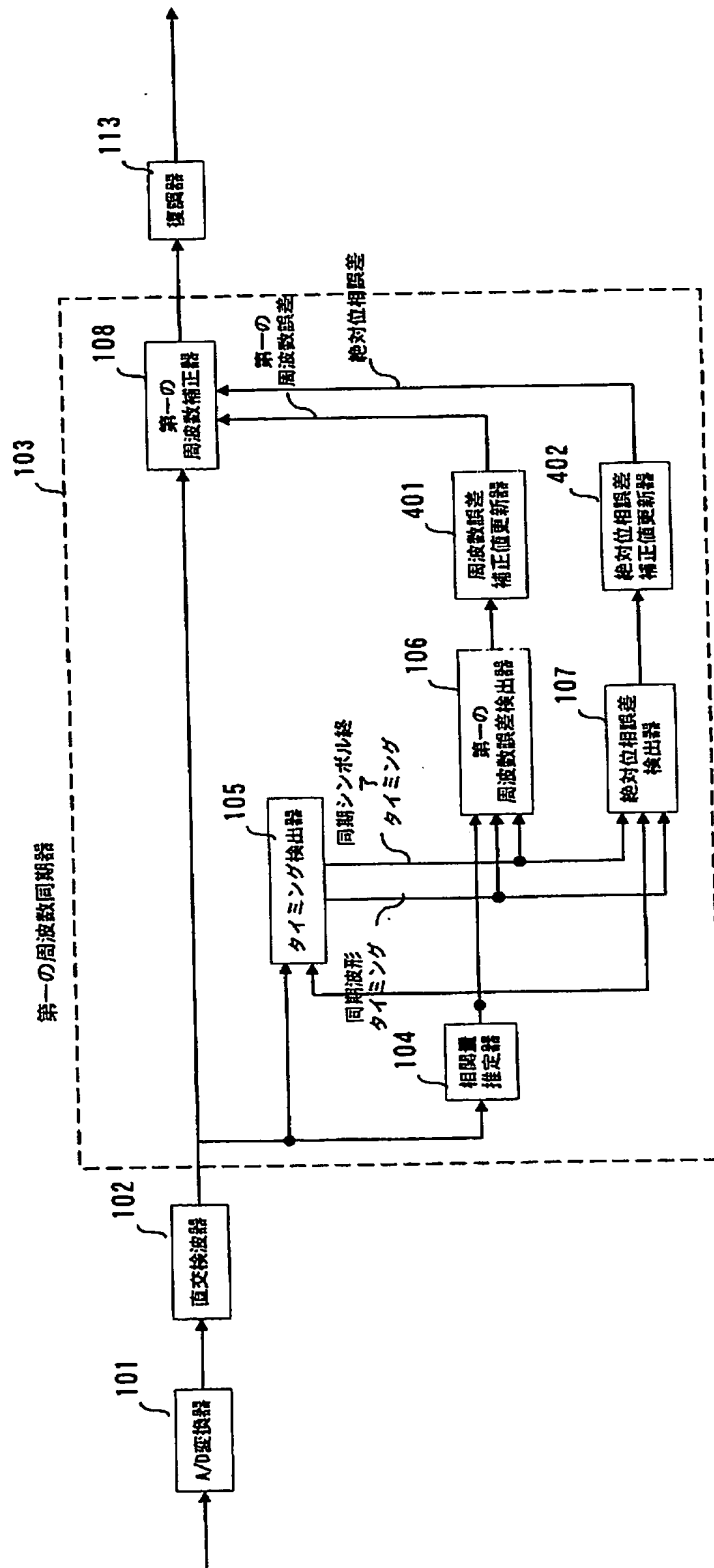
【図 6】



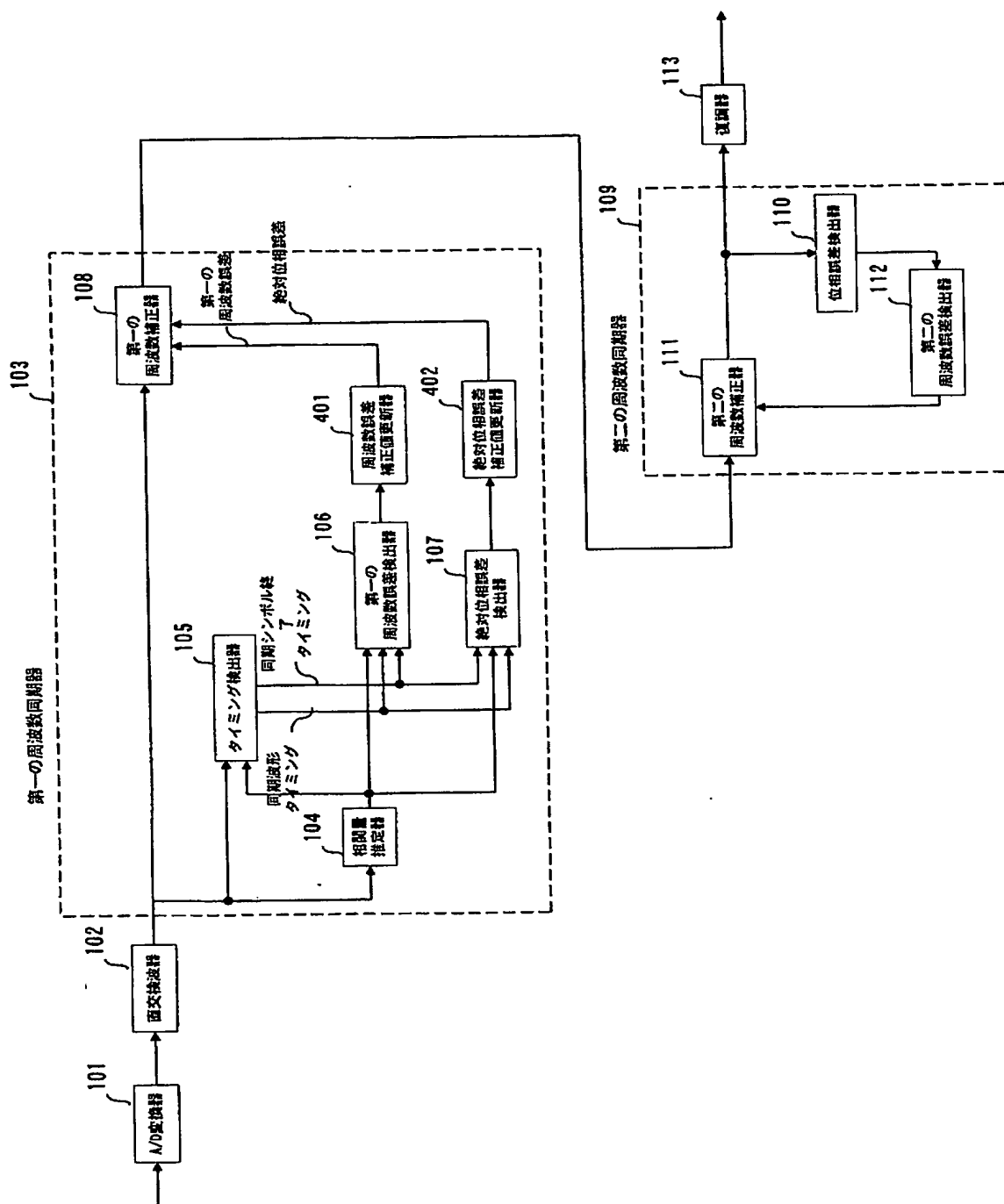
【図 7】



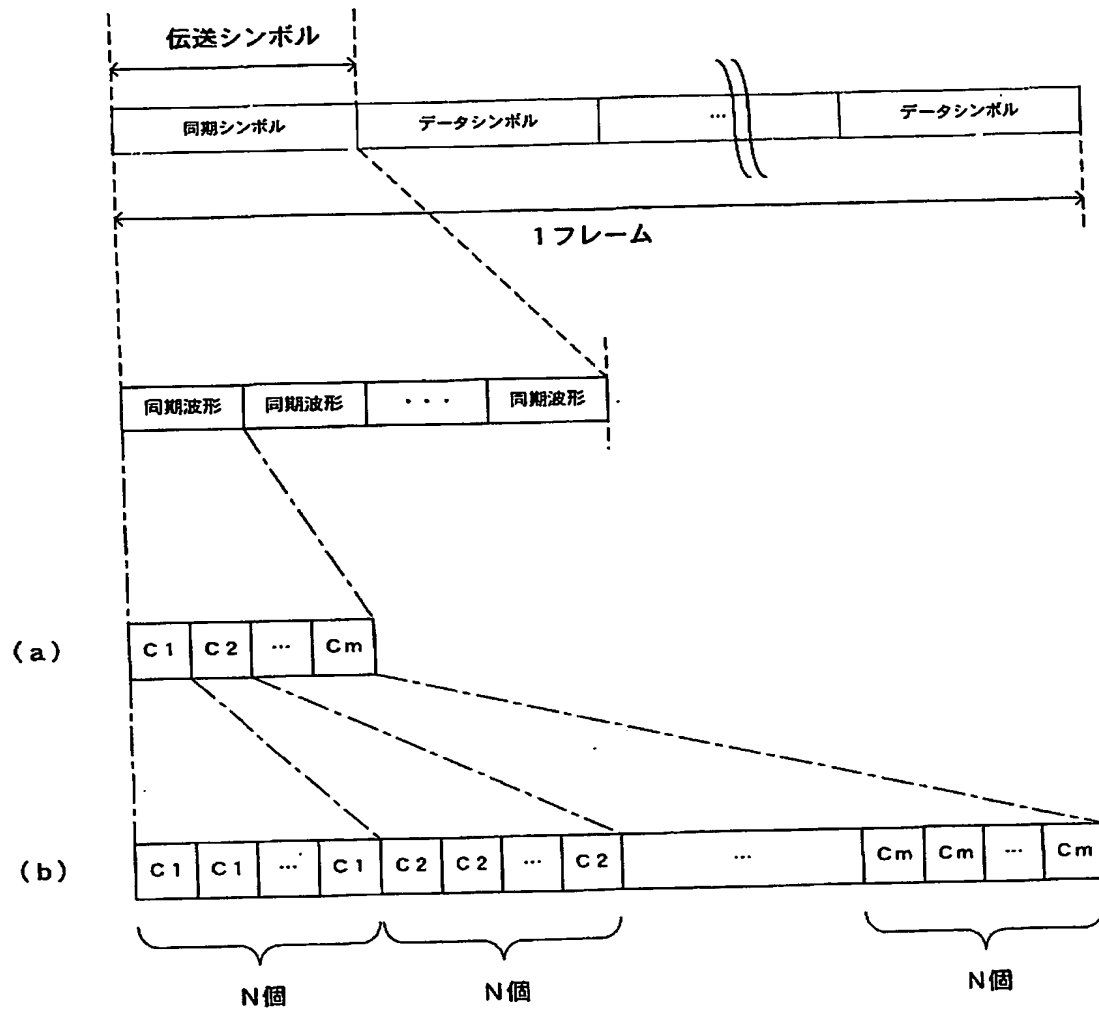
【図8】



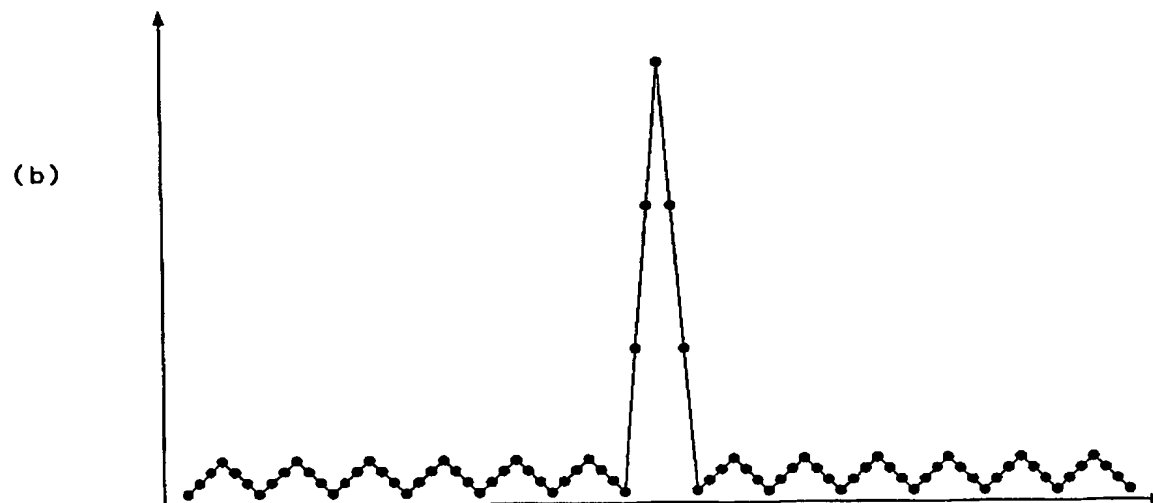
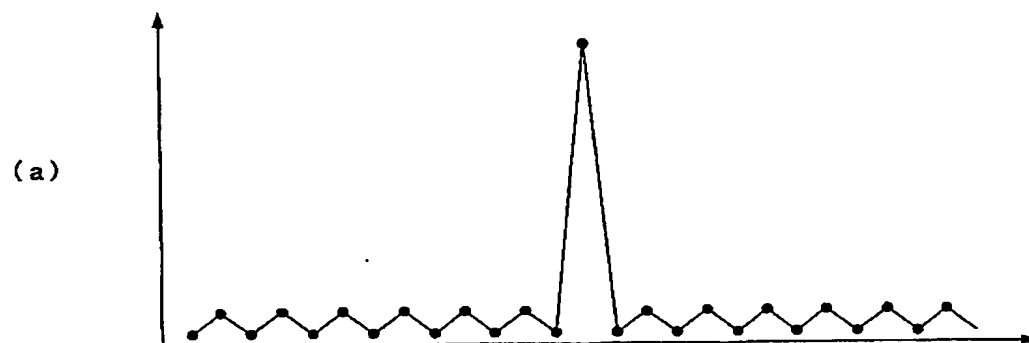
【図 9】



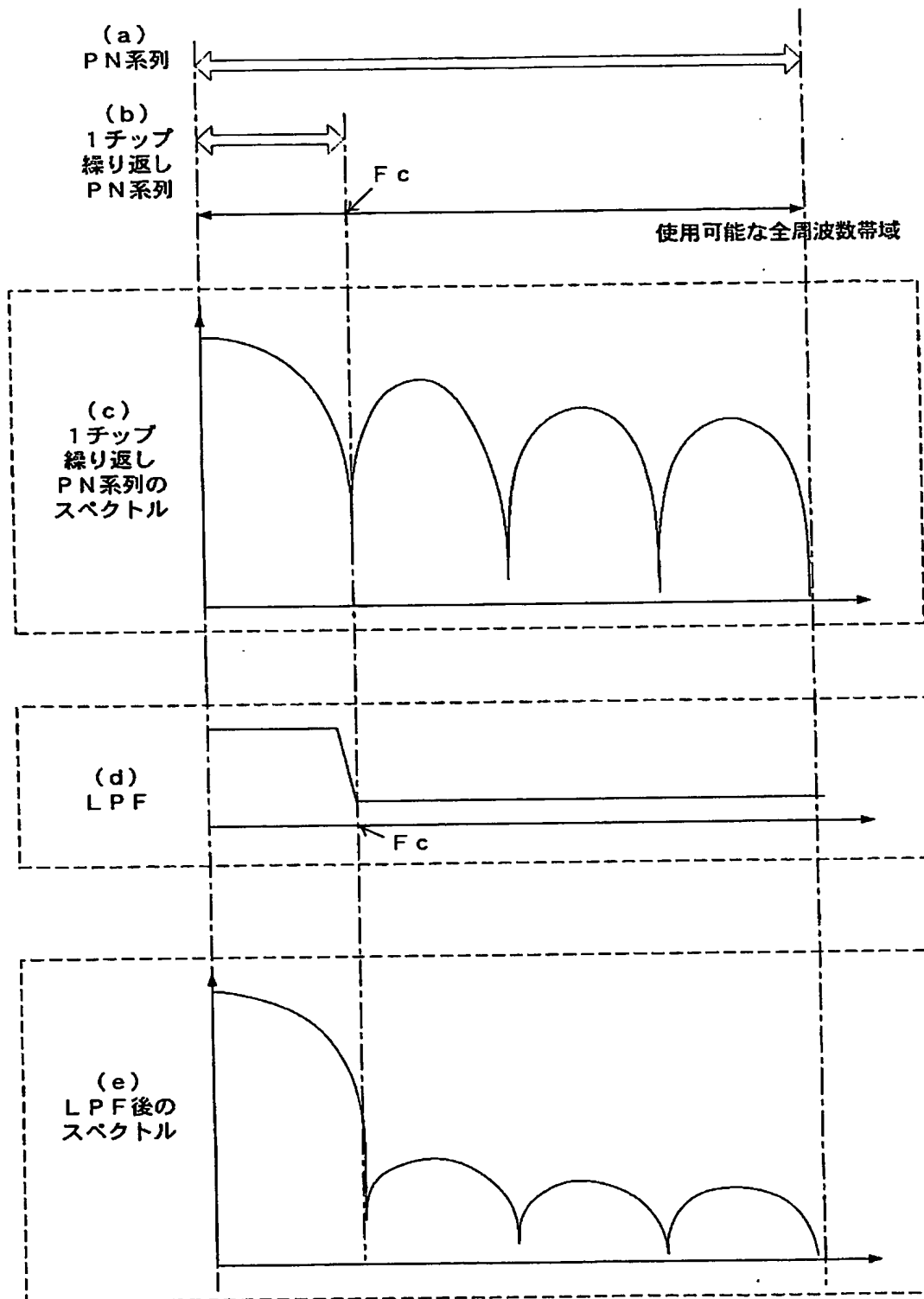
【図 10】



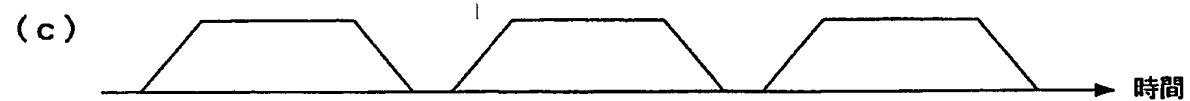
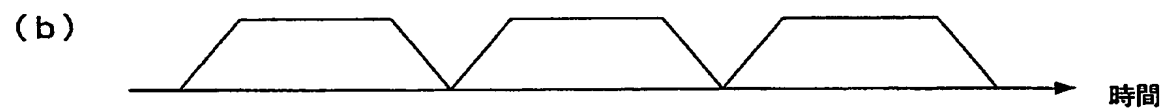
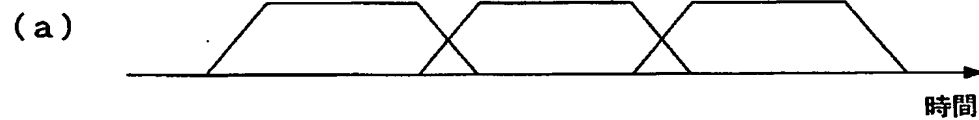
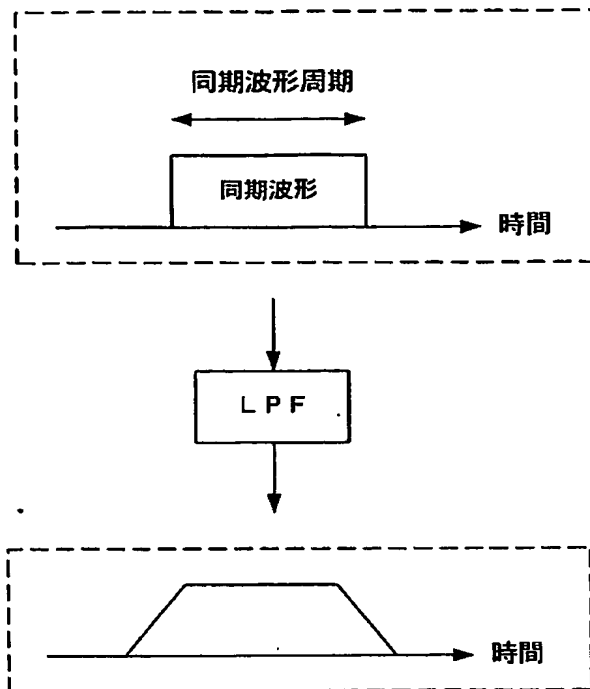
【図 11】



【図 12】



【図 13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 様々な変調方式に適応可能であり、伝送路特性が変化するような場合でも、周波数誤差と絶対位相誤差とを同時に補正すること。

【解決手段】 入力信号をデジタル信号に変換するA/D変換器101と、前記デジタル信号を直交検波し、基底周波数帯域信号に変換する直交検波器102と、前記基底周波数帯域信号の周波数補正を行う第一の周波数同期器103と、前記第一の周波数同期器103により周波数補正された信号を復調する復調器113とを備え、前記第一の周波数同期器103は、前記基底周波数帯域信号の周波数誤差を検出する第一の周波数誤差検出器106と、前記基底周波数帯域信号の絶対位相誤差を検出する絶対位相誤差検出器107と、前記周波数誤差と前記絶対位相誤差とに基づき、前記基底周波数帯域信号を周波数補正する第一の周波数補正器108とを備える。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 0 9 4 9 2 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 5 8 2 1]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名

松下電器産業株式会社